

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003年10月9日 (09.10.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/083151 A1

- (51) 国際特許分類: C22C 38/00, 38/44, C21D 9/52
 (21) 国際出願番号: PCT/JP03/03700
 (22) 国際出願日: 2003年3月26日 (26.03.2003)
 (25) 国際出願の言語: 日本語
 (26) 国際公開の言語: 日本語
 (30) 優先権データ:
 特願2002-100359 2002年4月2日 (02.04.2002) JP
 特願2002-100361 2002年4月2日 (02.04.2002) JP

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社神戸製鋼所 (KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO) [JP/JP]; 〒651-8585 兵庫県 神戸市中央区 脇浜町2丁目10番26号 Hyogo (JP). サンコール株式会社 (SUNCALL CORPORATION) [JP/JP]; 〒615-8555 京都府 京都市右京区 梅津西浦町14番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 須田 澄恵 (SUDA,Sumie) [JP/JP]; 〒657-0863 兵庫県 神戸市灘区 灘浜東町2番 株式会社神戸製鋼所神戸製鉄所内 Hyogo (JP). 萩木 信彦 (IBARAKI,Nobuhiko) [JP/JP];

〒657-0863 兵庫県 神戸市灘区 灘浜東町2番 株式会社神戸製鋼所神戸製鉄所内 Hyogo (JP). 吉原 直 (YOSHIHARA,Nao) [JP/JP]; 〒657-0863 兵庫県 神戸市灘区 灘浜東町2番 株式会社神戸製鋼所神戸製鉄所内 Hyogo (JP). 吉田 茂次 (YOSHIDA,Shigetsugu) [JP/JP]; 〒615-8585 京都府 京都市右京区 梅津西浦町14番地 サンコール株式会社内 Kyoto (JP). 原田 浩司 (HARADA,Koiji) [JP/JP]; 〒615-8555 京都府 京都市右京区 梅津西浦町14番地 サンコール株式会社内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 小谷 悅司, 外 (KOTANI,Etsuji et al.); 〒530-0005 大阪府 大阪市北区 中之島2丁目2番2号ニチメンビル2階 Osaka (JP).

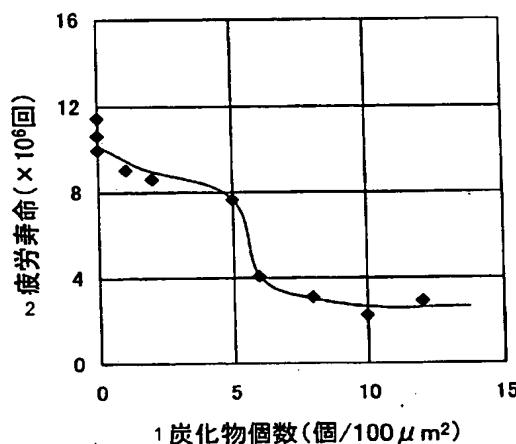
(81) 指定国(国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, SL, ZM, ZW),

(統葉有)

(54) Title: STEEL WIRE FOR HARD DRAWN SPRING EXCELLENT IN FATIGUE STRENGTH AND RESISTANCE TO SETTLING, AND HARD DRAWN SPRING

(54) 発明の名称: 疲労強度および耐へたり性に優れた硬引きばね用鋼線並びに硬引きばね



1...PIECES OF CARBIDE PRECIPITATE (PIECES/100 μm²)
 2...FATIGUE LIFE (× 10⁶ TIMES)

(57) Abstract: A steel wire for a spring which has a chemical composition: C: 0.5 to 0.7 %, Si: 1.0 to 1.95 %, Mn: 0.5 to 1.5 %, Cr: 0.5 to 1.5 % and balance: Fe and inevitable impurities, and contains carbide precipitates having a diameter of a corresponding circle of 0.1 μm or greater in an amount of 5 pieces/100 μm² or less. A hard drawn spring using the above steel wire exhibits the fatigue strength and the resistance to settling comparable or superior to those of a spring using an oil-tempered steel wire.

WO 03/083151 A1

(統葉有)



AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイドノート」を参照。

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(57) 要約:

C : 0.5 ~ 0.7 %, Si : 1.0 ~ 1.95 %, Mn : 0.5 ~ 1.5 %, Cr : 0.5 ~ 1.5 % を夫々含有し、残部が Fe および不可避不純物からなり、且つ円相当直径で 0.1 μm 以上の炭化物が 5 個 / 100 μm^2 以下であるばね用鋼線を用いることによって、オイルテンパー線を用いたばねと同等以上の疲労強度と耐へたり性を発揮する硬引きばねを開示する。

明細書

疲労強度および耐へたり性に優れた硬引きばね用鋼線並びに硬引きばね

技術分野

本発明は、強い冷間引き抜き加工を施して使用されるばね（加工ばね）の素材として有用なばね用鋼線、およびばね用鋼線を使用したばねに関するものであり、殊に伸線まで焼入れ焼戻し処理せずとも優れた疲労強度と耐へたり性を発揮するばねを得ることのできる硬引きばね用鋼線、およびこうした特性を発揮することのできる硬引きばねに関するものである。

背景技術

自動車等の軽量化や高出力化に伴い、エンジンやサスペンション等に使用される弁ばねや懸架ばねにおいても高応力化が指向されている。また、ばねへの負荷応力の増大に伴い、疲労強度および耐へたり性に優れたばねが要求されている。

近年、弁ばねや懸架ばね等の大部分は、オイルテンパー線と呼ばれる焼入れ・焼戻しの施された鋼線を、常温でばね巻き加工して製造されているのが一般的である。

上記の様なオイルテンパー線では、焼戻しマルテンサイト組織であるので、高強度を得るのに都合が良く、また疲労強度や耐へたり性に優れるという利点があるものの、焼入れ・焼戻し等の熱処理に大掛かりな設備と処理コストを要するという欠点がある。

一方、負荷応力が比較的低く設計された一部のばねには、（フェライト＋パーライト）組織またはパーライト組織の炭素鋼を伸線加工して強度を高めた線材（「硬引き線」と呼ばれている）を、常温でばね巻き加工したものが使用されている。こうしたばねとして、JIS規格にはピアノ線（JIS G 3522）の中で、特に「弁ばねまたはこれに準ずるばね用」として、「ピアノ線 SWP-V種」を定めている。

上記の様な硬引き線によって製造されるばね（以下では、このばねを「硬引きばね」と呼ぶ）は、熱処理を必要としないので低コストになるという利点がある。しかしながら、こうした硬引き線で製造されたばねでは、疲労強度や耐へたり性が低いという欠点があり、近年要望の高まっている様な高応力ばねは実現できない。

低コストに製造できるという利点のある硬引きばねにおいて、より高応力化を図る技術も様々検討されており、こうした技術として例えば特開平11-199981号には、「オイルテンパー線と同等の特性を備えたピアノ線」として、共析～過共析鋼パーライトの伸線加工方法を工夫することによって、特定のセメンタイト形状を得る方法が提案されている。しかしながらこうした方法においても、伸線方向を入れ替えるなど、工程の複雑化による製造コストの上昇は避けられない。

本発明はこうした状況の下になされたものであって、その目的は、オイルテンパー線を用いたばねと同等以上の疲労強度と耐へたり性を発揮する硬引きばねを製造する為のばね用鋼線、およびこの様な硬引きばねを提供することにある。

発明の開示

上記の目的を達成し得た本発明の硬引きばね用鋼線とは、C : 0.5 ~ 0.7 %, Si : 1.0 ~ 1.95 %, Mn : 0.5 ~ 1.5 %, Cr : 0.5 ~ 1.5 %を夫々含有し、残部がFeおよび不可避不純物からなり、且つ円相当直径で0.1 μ m以上炭化物が5個/100 μ m²以下である点に要旨を有するものである。このばね用鋼線においては、更に(a)Ni : 0.05 ~ 0.5 %, (b)Mo : 0.3 %以下(0%を含まない)等を含有させることも有効である。

上記の様なばね用鋼線を用いてばね成形して製造することによって、優れた疲労強度および耐へたり性を發揮することができる硬引きばねが得られる。またこうした硬引きばねにおいては、ばね内側における表面残留応力(R₊)と、ばね外側における表面残留応力(R₋)の差[(R₊) - (R₋)]が500 MPa以下であることが好ましい。

また、本発明の硬引きばねにおいては、下記(1)～(5)の要件を満足するものであることが好ましい。

(1) 表面に2回以上のショットピーニングが施されたものである

(2) 上記ショットピーニング後のばね内側における表面残留応力(R_{s+})と、ばね外側における表面残留応力(R_{s-})の差[(R_{s+}) - (R_{s-})]が300 MPa以下である

(3) 表面粗さが最大高さRyで10 μ m以下である

(4) 表面に窒化処理が施されたものである

(5) ばね径Dと線径dの比(D/d)が9.0以下である

図面の簡単な説明

図 1 は、炭化物個数と引張強度（伸線後）の関係を示したグラフである。

図 2 は、炭化物個数と残留せん断歪の関係を示したグラフである。

図 3 は、炭化物個数と疲労寿命の関係を示したグラフである。

発明を実施するための最良の形態

本発明者らは、上記目的を達成することのできる硬引きばね用鋼線の実現を目指して様々な角度から検討した。その結果、鋼線の化学成分組成を厳密に規定すると共に、鋼線中の炭化物の形態を適切に制御すれば、疲労強度と耐へたり性が改善できるとの着想が得られた。即ち、パテンティング後に比較的大きな析出物（炭化物）が析出していると、伸線加工が思ったように得られないだけでなく、疲労強度と耐へたり性が低下することが判明したのである。具体的には、円相当直徑で $0.1 \mu m$ 以上の炭化物の個数を、断面視野 $100 \mu m^2$ 当たりで 5 個以下となるように制御すれば、疲労強度および耐へたり性が格段に向上できることを見出し、本発明を完成了。

ここで、本発明で対象とする炭化物は、析出物として存在する粒状のものを意味し、セメンタイト相は含まないものである。尚、上記「円相当直徑」とは、炭化物の大きさに着目して、その面積が等しくなるように想定した円の直徑を求めたものである。

本発明のばね用鋼線は、化学成分組成も適切に調整する必

要があるが、その範囲限定理由は下記の通りである。

C : 0. 5 ~ 0. 7 %

Cは、伸線材の引張強度を高め、疲労強度や耐へたり性を確保するために有用な元素であり、通常のピアノ線では0.8%前後含有されているが、本発明で目的としている様な高強度の伸線材においては、Cの含有量が0.7%を超えると加工の際に折れ易くなり、また表面疵や介在物からの亀裂を発生して疲労寿命が劣化するので、0.7%以下とした。しかしながら、C含有量が少なくなり過ぎると、高応力ばねとして必要な引張強さが確保できないばかりか、疲労強度および耐へたり性を劣化させるので、C含有量は0.5%以上とする必要がある。尚、C含有量の好ましい下限は0.63%であり、好ましい上限は0.68%である。

Si : 1. 0 ~ 1. 95 %

Siは、製鋼時の脱酸剤として必要な元素であり、またフェライト中に固溶して焼戻し軟化抵抗を上げ、耐へたり性を向上させる効果を發揮する。こうした効果を發揮させるためには、1.0%以上含有させる必要がある。しかしながら、Siの含有量が1.95%を超えて過剰になると、韌性や延性が悪くなるばかりでなく、表面の脱炭や疵等が増加して耐疲労性が悪くなる。尚、Si含有量の好ましい下限は1.2%程度であり、好ましい上限は1.6%程度である。

Mn : 0. 5 ~ 1. 5 %

Mnは製鋼時の脱酸に有効な元素であり、またパーライト組織を緻密且つ整然化させ、疲労特性の改善に貢献する元素である。こうした効果を發揮させる為には、Mnは少なくとも0.5%含有させる必要がある。しかし、過剰に含有させ

ると、熱間圧延時やパテンティング処理時にベイナイト等の過冷組織が生成し易くなり、伸線性を著しく悪化するので、1.5%以下とすべきである。尚、Mn含有量の好ましい下限は0.6%程度であり、好ましい上限は1.0%程度である。

Cr : 0.5 ~ 1.5%

Crは、パーライトラメラ間隔を小さくして、圧延後または熱処理後の強度を上昇させ、耐へたり性を向上させるのに有用な元素である。こうした効果を発揮させるためには、Cr含有量は0.5%以上とする必要がある。しかしながら、Cr含有量が過剰になると、パテンティング中にベイナイト組織が生成し易くなり、また粗大な炭化物を析出し易くなり、疲労強度および耐へたり性が劣化するので、1.5%以下とする必要がある。尚、Cr含有量の好ましい下限は0.7%程度であり、好ましい上限は1.0%程度である。

本発明のばね用鋼線材における基本的な化学成分組成は上記の通りであり、残部は実質的にFeからなるものであるが、必要により所定量のNiやMoを含有させることも有効である。これらを含有させるときの範囲限定理由は、下記の通りである。

Ni : 0.05 ~ 0.5%

Niは焼入れ性を高めると共に韌性を高め、ばね加工時の折損トラブルを抑制すると共に疲労強度を向上させるのに有効な元素である。こうした効果を発揮させるためには、Ni含有量は0.05%以上とするのが好ましい。しかしながら、過剰に含有させると熱間圧延時やパテンティング時にベイナイト組織が生成し、伸線加工性を著しく悪化させるのでその

上限は 0.5 % とするのが好ましい。

Mo: 0.3 % 以下 (0 % を含まない)

Mo は 焼入れ性を確保すると共に軟化抵抗を向上させることによって耐へたり性を向上させるのに有効な元素である。こうした効果は、その含有量が多くなるにつれて大きくなるが、過剰に含有させるとパテンティングの処理時間が長くなり過ぎ、また延性も劣化するのでその上限は 0.3 % とするのが好ましい。

本発明のばね用鋼線には、上記の各種成分以外にもばね用鋼の特性を阻害しない程度の微量成分を含み得るものであり、こうした鋼線材も本発明の範囲に含まれるものである。上記微量成分としては不純物、特に P, S, As, Sb, Sn 等の不可避不純物が挙げられる。

本発明のばね用鋼線においては、上述の如く円相当直徑で 0.1 μ m 以上の炭化物が $100 \mu\text{m}^2$ 当たり 5 個以下とすることも重要な要件である。パテンティング後に観察される炭化物 (Fe₃C 等) のうち、比較的サイズの小さなものは、析出硬化によって強度を上昇させることになる。しかしながら、大きなサイズの析出物が析出している場合には、マトリックス中の炭素がこの炭化物によって奪われ、その量が元々含まれているよりも少なくなる。パテンティング後の強度や伸線加工後の強度の上昇は炭素量によって影響される部分が大きく、マトリックス中の C 量が少なくなると、パテンティング後や伸線後に思うほどの強度が得られず、疲労強度や耐へたり性が低下することが判明した。

そこで、本発明者らか、炭化物の形態が疲労強度や耐へたり性に与える影響について検討したところ、特にその大きさ

(円相当直径) が $0.1 \mu\text{m}$ 以上となるような大きな炭化物が、観察視野 $100 \mu\text{m}^2$ 当たり 5 個を超えて存在すると疲労強度と耐へたり性が極端に低下することが判明したのである。

本発明のばね用鋼線で炭化物を上記のような形態に制御するには、熱間圧延の加熱温度を 1100°C 以上にして炭化物の溶け込みを促進すると共に、圧延後に炭化物の析出温度域である $400 \sim 600^\circ\text{C}$ の温度範囲を 5°C/sec 以上の冷却速度でできるだけ速やかに冷却することが有効である。但し、このときの冷却速度が速すぎるとベイナイトが生成して加工性が劣化するので、冷却速度は 10°C/sec 以下とすることが好ましい。

また、パテンティング時には、その加熱温度を $880 \sim 950^\circ\text{C}$ (好ましくは $900 \sim 940^\circ\text{C}$ 程度) に制御することによって炭化物の析出を低減することができる。このときの加熱温度を 950°C よりも高くすると、オーステナイト結晶粒度が粗大化し、韌性および延性が却って低下する他、焼入れ性が増大して過冷組織が生じることになる。また、未固溶の炭化物の溶け込みを促進するには、所定の加熱温度での保持時間を 50 秒以上とすることが推奨される。

上記の様なばね用鋼線を用いて伸線加工およびばね巻き加工を施すことによって、希望する特性を發揮するばね(硬引きばね)が得られるのであるが、本発明の硬引きばねにおいては、ばね成形後(コイリング後)におけるばね内側とばね外側の残留応力の差(以下、単に「残留応力差」と呼ぶことがある)を 500 MPa 以下に制御することによって、更に優れた疲労強度が達成されることを見出している。

こうした要件を規定した理由は次の通りである。ばね成形（コイリング）により付与される残留応力は、ばねの内側と外側でバランスしているので、コイリング後の上記残留応力差が大きいと、それだけ内側の引張残留応力が高くなる。引張りの残留応力（引張り残留応力）高いと疲労亀裂の発生および進展を助長し、疲労強度が低下してしまうことになる。また、ショットピーニングにより付与される圧縮残留が小さくなってしまう。

上記知見に基づき、本発明者は、ばね内側と外側の残留応力差 [$(R_+) - (R_-)$] と疲労強度の関係を調査したところ、その差が 500 MPa 以下となるようにすれば、疲労強度が著しく改善されることが判明したのである。

ところで、ばねを成形したときには、ばね内側には引張方向の残留応力（引張り残留応力）生じており、ばね外側にはその製造条件によっては引張り残留応力が生じている場合と圧縮方向の残留応力（圧縮残留応力）が生じている場合がある。従って、本発明における残留応力差を測定するときには、こうした点をも考慮する必要がある。即ち、両側の表面残留応力が引張り残留応力の場合には、単純にその差を測定すればよいが、ばね外側の残留応力 (R_-) が圧縮残留応力の場合には、その残留応力をマイナスとして差し引いた値となる。例えば、ばね内側の引張り残留応力が 150 MPa、外側の圧縮残留応力が 50 MPa である場合には、その残留応力の差 [$(R_+) - (R_-)$] は、 $(150) - (-50) = 200$ MPa ということになる。

上記のように本発明では、コイリング後のばね内側とばね外側の残留応力差を 500 MPa 以下とすることによって、

硬引きばねの疲労強度が向上できたものであるが、疲労強度を評価する指標として前記残留応力差を規定した理由は次の通りである。ばねに架かる応力（せん断応力）は、内側と外側で同じという訳ではなく、ばね内側の応力が外側よりも高くなる。例えば、ばね径 D と線径 d の比 (D / d : 以下、「ばね指数」と呼ぶ) が 2.0 ~ 9.0 であれば、下記 (1) 式で示されるワールの修正係数 A_1 は 1.16 ~ 2.06 となって、その 1.16 ~ 2.06 倍だけ高い応力が架かることになる（例えば、「ばね」、ばね技術研究会編、丸善発行）。

$$A_1 = [(4c - 1) / (4c - 4)] + [0.615 / c] \cdots (1)$$

但し、c : ばね指数 (D / d)

一方、ばね外側に関するばね修正係数 A_2 は、下記 (2) 式で示されることになり、この式によればばね外側に架かる応力は、ばね指数が 2.0 のときに 0.443 倍になる。

$$A_2 = [(4c + 1) / (4c + 4)] + [0.615 / c] \cdots (2)$$

但し、c : ばね指数 (D / d)

このように、ばね内側には大きなせん断応力が架かり、また引張残留応力が高ければ、更にはばね特性は悪化する。こうした観点からすれば、ばね内側の残留応力を規定すれば良いことになるのであるが、伸線した状態でも表面は引張り残留応力を有しており、その値は伸線加工条件や材質によっても変化するので、ばねコイリング後でもその加算効果によって、表面の引張り残留応力は変わることになって、残留応力として規定するのは困難になる。そこで、本発明では、ばね内側

とばね外側の残留応力の差を規定することによって、疲労強度の指標としたものである。

上記残留応力の差を 500 MPa 以下とするための条件としては、例えばコイリング後の歪取り焼鈍温度を 400 ℃ 以上となるように制御すれば良い。従来のピアノ線では、歪取り焼鈍温度を 400 ℃ 以上で行うと強度が低下し、疲労強度や耐へたり性が低下してしまっていたのであるが、本発明の硬引きばねにおいては、耐熱性に良好な結果を与える Si を多量に含有する鋼線を素材とするものであるので、400 ℃ 以上で歪取り焼鈍を行っても強度の低下が殆どなく、コイリング歪を除去できるのである。

本発明の硬引きばねにおける効果をより有効に發揮させるためには、その表面に 2 回以上のショットピーニングを施すことが有効である。弁ばねやそれに準ずる高応力ばねは、ショットピーニングによって表層に圧縮残留応力が付与された状態で使用されるのが通常である。このショットピーニングは、高硬度の硬球（ショット粒）を高速で被処理材表面に投射して圧縮の残留応力を付与し、表面亀裂の発生を抑え、疲労強度を向上させるのに有効な手段である。

また、上記のようなショットピーニングは、ばね表面に圧縮残留応力を付与して、疲労亀裂の進展を抑制するのに効果がある。ショットピーニングを行うようなばねは、特に高応力で使用されるので、より高い圧縮残留応力が必要となり、上記残留応力差をより厳密に管理しなければならない。そのためには、上記残留応力差材は 300 MPa 以下であることが好ましい。

ところで、ばねの表面粗度が大きいと、これを起点として

疲労破壊が発生し易くなり、疲労強度が低下することになる。そこで、疲労強度を向上させるという観点からすれば、ばねの表面粗さ R_y (最大高さ: J I S B 0 6 0 1) を $10 \mu m$ 以下にすることが好ましい。例えば、上記のような 2 回以上の高強度のショットピーニングを行うと、表面が変形して表面粗さが大きくなる場合がある。特に、硬引き線のような材料においては、最弱部のフェライトがより大きく変形し、表面粗度が大きくなることがある。表面粗度を上記のように調整する手段については、限定されるものではないが、例えばショットピーニング条件を適切に制御することによってそれを達成することができる。

こうした表面粗さ R_y の制御も考慮した、好ましいショットピーニング条件は、次の通りである。1回目のショットピーニングにおいては、粒径: $1.0 \sim 0.3 mm$ のショット粒を用い、粒速: $30 \sim 100 m/sec$ 、投射時間: $20 \sim 200$ 分にて行う。このとき用いるのショット粒の硬さは、ビックカース硬度 (Hv) で 500 以上であることが好ましい。

次いで、2回目以降のショットピーニングでは、1回目よりも小さいショット粒を用いて実施する。このとき用いるショット粒の大きさは、1回目のショット粒径の $1/10$ 以下であることが好ましい。また時間は、 $10 \sim 200$ 分程度とする。こうした2回目以降のショットピーニングによって、表面粗さを小さくできるとともに、表面の圧縮残留応力を大きくすることができ、疲労強度を更に向上させることができ。尚、本発明者によれば、硬引きばねでは、焼入れ・焼戻ししたオイルテンパー線よりも、2回目以降のショットピーニングの効果が大きいことを確認している。

本発明の硬引きばねにおいては、特に過酷な応力条件で使用されることが予想される場合には、その表面に窒化処理を施すことも有効である。こうした窒化処理を施すことによつて、疲労強度を更に改善することができる。こうした窒化処理に関しては、オイルテンバー線で製造された弁ばねについては従来からその処理が行なわれているが、硬引きばねについては、全く行われていなかつた。これは、通常の硬引き線の化学成分では窒化処理を施しても効果があまり期待できないと考えられていたことや、窒化の際に伸線時に導入された歪が開放されて強度が極端に低下すると考えられていたこと等が原因である。

これに対して、本発明で規定する化学成分組成を有する鋼線を硬引きした後、窒化処理を施すと、ばねの疲労寿命が更に改善されることになる。こうした効果が發揮される理由は、次の様に考えることができた。即ち、本発明で用いる鋼線では、フェライトをSi, Cr等の合金元素で強化することによって線材の強度がフェライト自身の強度に依存する状態になっているので、窒化によってフェライトの強度を高めることが疲労強度の直接的な改善に繋がるものと考えられる。尚、窒化処理によって製造されたばね表面の硬度は、0.02mm深さの位置で、ビッカース硬さ(HV)が600以上、好みしくは700以上であることが好ましいが、要求される疲労強度によってはHV500~600程度であつても良い。

上記窒化処理を行う方法については、特に限定するものではなく、ガス窒化、液体(塩浴)窒化の他、イオン窒化等が採用できるが、例えばガス窒化するときの好ましい条件は次の通りである。即ち、アンモニアガス100%雰囲気、或は

アンモニアガスを主体として窒素ガス 50% 以下および二酸化炭素ガス 10% 以下の雰囲気にて、350～470°C × 1～6 時間の条件で窒化処理を行えば良い。

本発明の効果は、前記ばね指数 (D/d) が 9.0 以下の小径ばねに適用したときに、一層發揮される。ばねにおいては、上記 D/d はばね指数を示すものであるが、こうした比 (D/d) となるばねでは、所望の荷重応答を得るときのばね内側と外側の応力差が大きく、ばね内側に高い応力がかかる。こうした高応力の使用環境下でも、本発明のばねではその機能を維持することができる。また、その効果は、(D/d) が小さくなればなるほど大きくなるが、2.0 よりも小さくなるとショットピーニング等の表面加工の効果が得られにくくなるので、その下限は 2.0 であることが好ましい。

実施例

以下、本発明を実施例によって更に詳細に説明するが、下記実施例は本発明を限定する性質のものではなく、前・後記の趣旨に従して設計変更することはいずれも本発明の技術的範囲に含まれるものである。

実施例 1

下記表 1 に示す化学成分組成の鋼 (A～K) を溶製し、熱間圧延して直徑 (線径) : 8.0 mm の線材を作製した。このときの熱間圧延の条件は、加熱温度 : 1150°C、圧延後冷却速度 : 6.3 °C/sec とした。その後、皮削り、パテンティング処理および伸線処理を行って線径 : 3.1 mm の鋼線とした。このときのパテンティングは、下記表 2 に示した加熱温度でオーステナイト化した後、各鋼種に応じて 55

0～650℃の鉛浴中で恒温変態させた。また、パテンティング時の加熱時間については、下記表2のNo. 2については、130秒、No. 3については100秒、それ以外については240秒として、炭化物量を調整した。

表 1

鋼種	化学成分組成（質量%）					
	C	S i	M n	C r	N i	M o
A	0.65	1.45	0.82	0.85	—	—
B	0.53	1.53	0.75	1.00	—	—
C	0.65	1.91	0.90	0.64	—	—
D	0.61	1.36	0.59	1.45	—	—
E	0.82	0.25	0.71	—	—	—
F	0.92	0.25	0.75	—	—	—
G	0.80	1.90	0.85	0.85	—	—
H	0.45	1.41	0.72	0.69	—	—
I	0.62	1.35	0.79	1.68	—	—
J	0.60	1.51	0.83	0.92	0.21	—
K	0.55	1.47	0.78	0.82	0.23	0.18

鋼種EはJIS-SWP-V相当鋼

得られた鋼線（伸線材）について、炭化物の大きさと個数を測定した。このときの測定は、鋼線の横断面でサンプリングし、走査型顕微鏡（SEM）にてD/4の位置（Dは直径）を5000倍の倍率で写真撮影し、得られた写真100 μm^2 中で円相当直径が0.1 μm 以上の炭化物の個数を測

定した。また、伸線後の引張強度 TS について測定した。

上記伸線材を常温にてばね成形し、歪取り焼鈍（400°C × 20分）、座研磨、二段ショットピーニング、低温焼鈍（230°C × 20分）および冷間セッティングを行った。また、歪取り焼鈍相当のテンパーを加えた後の引張強度 TS について測定した。また、一部のもの（下記表2のNo. 3）については、NH₃ 80% + N₂ 20%、400°C × 2時間の条件でガス窒化処理を施した。

得られた各ばねに 588 ± 441 MPa の負荷応力下で疲労試験を行ない、破断寿命を測定した。また、120°C、1000 MPa の応力下で、48時間締め付けた後、残留せん断歪を測定し、耐へたり性の指標（残留せん断歪が小さいほど耐へたり性は良好）とした。

これらの結果を、各製造条件（パテンティングの加熱温度）、鋼線の引張強さ TS（伸線後および歪取り焼鈍後）、炭化物の個数、表面粗さ Ry、窒化の有無等と共に下記表2に示す。また、これらの結果に基づき、炭化物個数と引張強度（伸線後）の関係を図1に、炭化物個数と残留せん断歪の関係を図2に、炭化物個数と疲労寿命の関係を図3に夫々示す。

2

No.	鋼種 バテンティング 加熱温度 (°C)	引張強さTS (MPa)		炭化物個数 [個 / (100 μm ²)]	表面粗さRa (μm)	窒化処理 (×10 ⁻⁴)	残留せん断歪 (×10 ⁶ 回)
		伸線後	歪取り焼鈍後				
1	A	930	1915	1911	0	9.8	なし 4.2 10.1
2	A	900	1881	1901	2	6.7	なし 5.3 8.7
3	A	890	1853	1898	5	8.4	あり 3.7 15.8
4	A	940	1944	1941	0	12.4	なし 4.8 5.3
5	B	920	1938	1870	1	5.5	なし 3.1 9.1
6	C	930	1955	2054	0	7.9	なし 1.9 11.5
7	D	950	1910	1874	0	9.2	なし 2.2 10.7
8	A	870	1843	1732	8	8.6	なし 11.1 3.1
9	E	910	1770	1668	0	5.8	なし 10.1 2.5
10	F	950	1953	1742	0	8.3	なし 12.8 0.9
11	G	940	1831	1845	0	7.3	なし 9.5 4.6
12	H	880	1743	1652	0	9.8	なし 12.5 1.0
13	I	920	1733	1796	12	8.3	なし 10.8 2.9
14	J	900	1921	1953	0	7.2	なし 3.5 10.4
15	K	930	1967	1999	0	8.3	なし 2.7 12.6

これらの結果から、次の様に考察できる。まず、No. 1 ~ 7、14 および 15 のものは、本発明で規定する要件のいずれをも満足するものであり、疲労強度および耐へたり性のいずれも優れたものとなっている。特に、所定大きさの炭化物の個数を 5 個 / $100 \mu m^2$ 以下とすることによって優れた特性が發揮されていることが分かる。

これに対して No. 8 ~ 12 のものでは、本発明で規定する要件のいずれかを欠くものであり、いずれかの特性が劣化したものとなっている。即ち、No. 8 のものでは、化学成分組成は No. 1 ~ 4 のものと同じものであるが、パテンティング時の加熱温度が低くなることによって炭化物の析出量が多くなっているので、伸線後に十分な強度が確保できず、疲労寿命が短く、且つ残留せん断歪も大きくなっている。

No. 9 のものは、JIS-SWP-V 相当鋼（ピアノ線）であるが、C 含有量が多くなっているので、介在物を起点とした早期折損が発生しており、疲労寿命が短くなっている。また、Si 含有量が少ないので焼戻し軟化抵抗が小さくなっている、しかも Cr が含有されていないので残留せん断歪が大きくなっている。

No. 10 のものは、No. 9 よりも更に C 含有量が多いものであるが、No. 9 と同様に介在物を起点とした早期折損が発生しており、疲労寿命が更に短くなっている。また、Si 含有量が少ないので焼戻し軟化抵抗が小さくなっている、しかも Cr が含有されていないので残留せん断歪が大きくなっている。

No. 11 のものでは、C 含有量が多くなっているので、介在物を起点とした早期折損が発生しており、疲労寿命が短

くなっている。

No. 12 のものは、C 含有量が少ないものであり、パテンディング後の強度が低くなってしまっており、伸線後に十分な強度が得られず、疲労寿命が短く且つ残留せん断歪も大きくなっている。

No. 13 のものは、Cr 含有量が多くなっているので、パテンディング時に炭化物が十分に固溶せず、伸線後に十分な強度が確保できず、疲労寿命が短く、また耐へたり性が非常に劣っている。

実施例 2

下記表 3 に示す化学成分組成の鋼 (L ~ U) を溶製し、熱間圧延して直徑 (線径) : 8.0 mm の線材を作製した。その後、皮削り、パテンディング処理および伸線処理を行って線径 : 3.1 mm の鋼線とした。このときのパテンディングは、オーステナイト化温度を 910 ℃ とし、各鋼種に応じて 550 ~ 650 ℃ の鉛浴中で恒温変態させた。また、パテンディング時の保持時間については、下記表 5、6 の No. 20、31 については、300 秒、No. 30 については 30 秒、それ以外については 120 秒として、炭化物量を調整した。

表 3

鋼種	化学成分組成(質量%)					
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
L	0.65	1.51	0.77	0.82	—	—
M	0.58	1.45	0.79	0.75	—	—
N	0.51	1.49	0.75	1.15	—	—
O	0.66	1.97	0.93	0.62	—	—
P	0.61	1.33	0.55	1.45	—	—
Q	0.92	0.25	0.75	—	—	—
R	0.45	1.41	0.72	0.69	—	—
S	0.62	1.35	0.79	1.68	—	—
T	0.64	1.47	0.81	0.97	0.31	—
U	0.61	1.53	0.70	0.85	0.18	0.21

得られた鋼線（伸線材）のうち、鋼種 L, M, N の伸線材について、ばね成形し（ばね指数：6.81）、歪取り焼鈍（350, 380, 410°C × 20分）、座研磨および冷間セッティングを行ってばねとした。

得られた各ばねに 588 ± 441 MPa の負荷応力下で疲労試験を行い、破断寿命を測定するとともに、ばね内側の残留応力 (R_+) とばね外側の残留応力 (R_-) を X 線回折によって測定して残留応力差 [$(R_+) - (R_-)$] を求めた。また、伸線材の引張強度（伸線後および歪取り焼鈍後）についても測定すると共に、その表面粗さ R_y についても測定した。その結果を、歪取り焼鈍温度と共に下記表 4 に示す。

4

No.	鋼種	D/d	引張強さ (MPa)		歪取り焼鈍 温度 (°C)	(R+) - (R-) (MPa)	表面粗さ Ry (μ m)	疲労寿命 ($\times 10^5$)
			伸線後	歪取り焼鈍後				
16	L	6. 81	1942	1960	350	954	2. 7	1. 8
17	L	6. 81	1942	1963	380	764	3. 6	2. 7
18	L	6. 81	194.2	1949	410	253	3. 1	8. 7
19	M	6. 81	1856	1881	410	108	2. 4	10. 0
20	N	6. 81	1832	1854	410	333	2. 2	7. 9

この結果から、明らかなように、残留応力差が 500 MPa 以下のものでは (No. 18 ~ 20) 、優れた疲労強度が達成されていることが分かる。これに対して、残留応力差が 500 MPa を超えるものでは (No. 16, 17) 、疲労強度が著しく劣化していることが分かる。

実施例 3

実施例 2 と同様にして得られた各伸線材 (鋼種 L ~ U) について、様々なばね指数のばねを成形し、歪取り焼鈍 (350, 380, 410 °C × 20 分) 、座研磨、二段ショットピーニング、低温焼鈍 (230 °C × 20 分) および冷間セッチングを行った。このとき、鋼種 N については、座研磨後、窒化処理を NH₃ 80 % + N₂ 20 % の雰囲気下、420 °C × 2 時間の条件で行い、二段ショットピーニング、低温焼鈍 (230 °C × 20 分) および冷間セッチングを行ったもの (後記表 5 の No. 26) も準備した。

得られた各ばねに実施例 1 と同様にして疲労試験を行い、破断寿命を測定するとともに、残留せん断歪を測定した。また、ばね成形後 (ショットピーニング前) におけるばね内側の残留応力 (R₊) とばね外側の残留応力 (R₋) 、およびショットピーニング後におけるばね内側の残留応力 (R_{s+}) とばね外側の残留応力 (R_{s-}) を X 線回折によって測定し、夫々の残留応力差 [(R₊) - (R₋)] および [(R_{s+}) - (R_{s-})] を求めた。更に、実施例 2 と同様にして、伸線材の炭化物個数および引張強度 (伸線後および歪取り焼鈍後) についても測定すると共に、その表面粗さ R_y についても測定した。これらの結果を、ばね指数および歪取り焼鈍温度と共に下記表 5、6 に示す。

表 5

No.	鋼種	D / d	引張強さ (M Pa)		炭化物個数 [個 / (100 μ m ²)]
			伸線後	歪取り焼鈍後	
2 1	L	6 . 8 1	1 9 4 2	1 9 6 0	1
2 2	L	6 . 8 1	1 9 4 2	1 9 6 3	2
2 3	L	6 . 8 1	1 9 4 2	1 9 4 9	2
2 4	M	3 . 6 5	1 8 5 6	1 8 8 1	5
2 5	N	2 . 8 7	1 8 3 2	1 8 5 4	4
2 6	N	2 . 5 5	1 8 3 2	1 8 5 4	0
2 7	O	8 . 5 5	1 9 0 5	1 9 7 0	2
2 8	P	7 . 0 2	1 9 1 1	1 9 4 5	0
2 9	Q	6 . 8 1	1 9 3 0	1 7 6 9	5
3 0	R	6 . 8 1	1 7 0 5	1 6 3 8	0
3 1	S	6 . 8 1	伸線中に断線		
3 2	T	6 . 8 1	1 9 3 7	1 9 4 9	5
3 3	U	6 . 8 1	1 9 8 5	2 0 1 6	4

No.	鋼種	歪取り焼鈍 温度(℃)	(R ₊) - (R ₋) (MPa)	(R _{s₊}) - (R _{s₋}) (MPa)	表面粗さ R _y (μm)	窒化処理	残留せん断歪 (×10 ⁻⁴)	疲労寿命 (×10 ⁶ 回)
2 1	L	3 5 0	9 5 4	5 3 1	7. 3	なし	4. 1	0. 8
2 2	L	3 8 0	7 6 4	4 2 9	8. 1	なし	3. 7	3. 9
2 3	L	4 1 0	2 5 3	1 3 1	7. 9	なし	4. 5	8. 7
2 4	M	4 1 0	1 0 8	6 7	6. 7	なし	4. 0	12. 5
2 5	N	4 1 0	3 3 3	2 6 5	5. 4	なし	3. 7	9. 8
2 6	N	4 1 0	4 0 1	1 7 6	6. 2	あり	2. 9	16. 3
2 7	O	4 1 0	9 6	4 5	1 1. 8	なし	3. 9	7. 0
2 8	P	4 1 0	1 7 9	1 0 3	5. 5	なし	3. 9	10. 8
2 9	Q	4 1 0	2 3 3	1 1 9	7. 6	なし	1 2. 0	2. 1
3 0	R	4 1 0	3 1 9	1 6 4	9. 5	なし	1 2. 1	0. 9
3 1	S					伸線中に断線		
3 2	T	4 1 0	4 2 7	2 1 4	6. 9	なし	4. 1	11. 7
3 3	U	4 1 0	2 1 4	9 3	1 0. 8	なし	4. 3	13. 5

この結果から、次の様に考察できる。まず、No. 23～28、32、33のものは、本発明で規定する要件のいずれも満足するものであり、疲労強度および耐へたり性が優れたものとなっていることが分かる。

これに対してNo. 21, 22, 29、31のものでは、本発明で規定する要件のいずれかを欠くものであり、いずれかの特性が劣化したものとなっている。即ち、No. 21, 22のものでは、ばね内側とばね外側の残留応力の差（ばね成形後およびショットピーニング後）が大きくなっているので、疲労強度が著しく劣化している。

またNo. 29のものは、C含有量が多くなっているので、欠陥感受性が高くなっている、またSi含有量が低くなっているので、歪取り焼鈍後に十分な強度が得られず、疲労寿命が短くなり、且つ耐へたり性も悪くなっている。

No. 31のものは、C含有量が少ないものであり、パテンティング後の強度が低くなっている、伸線後に十分な強度が得られず、疲労寿命が短くなり、且つ耐へたり性も悪くなっている。

No. 32のものは、Cr含有量が多くなっているので、パテンティング時にペイナイトが生成し、伸線中に断線が生じていた。

産業上の利用可能性

本発明は以上の様に構成されており、伸線までオイルテンバー線を用いたばねと同等以上の疲労強度および耐へたり性を発揮する硬引きばねを製造する為のばね用鋼線、およびこの様な硬引きばねが実現できた。

請求の範囲

1. C : 0.5 ~ 0.7 % (質量%の意味、以下同じ)、Si : 1.0 ~ 1.95 %, Mn : 0.5 ~ 1.5 %, Cr : 0.5 ~ 1.5 % を夫々含有し、残部がFeおよび不可避免不純物からなり、且つ円相当直径で 0.1 μ m 以上の炭化物が 5 個 / 100 μ m² 以下であることを特徴とする疲労強度および耐へたり性に優れた硬引きばね用鋼線。
2. 更に、Ni : 0.05 ~ 0.5 % を含有するものである請求項 1 に記載の硬引きばね用鋼線。
3. 更に、Mo : 0.3 % 以下 (0 % を含まない) を含有するものである請求項 1 または 2 に記載の硬引きばね用鋼線。
4. 請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載のばね用鋼線をばね成形して製造されたものである疲労強度および耐へたり性に優れた硬引きばね。
5. ばね内側における表面残留応力 (R₊) と、ばね外側における表面残留応力 (R₋) の差 [(R₊) - (R₋)] が 500 MPa 以下である請求項 4 に記載の硬引きばね。
6. 表面に 2 回以上のショットピーニングが施されたものである請求項 5 に記載の硬引きばね。
7. ショットピーニング後におけるばね内側における表面残留応力 (R_{s+}) と、ばね外側における表面残留応力 (R_{s-}) の差 [(R_{s+}) - (R_{s-})] が 300 MPa 以下である請求項 6 に記載の硬引きばね。
8. 表面粗さが最大高さ R_y で 10 μ m 以下である請求項 4 に記載の硬引きばね。
9. 表面に窒化処理が施されたものである請求項 4 に記載

の硬引きばね。

10. ばね径 D と線径 d との比 (D / d) が 9.0 以下で
ある請求項 4 に記載の硬引きばね。

図 1

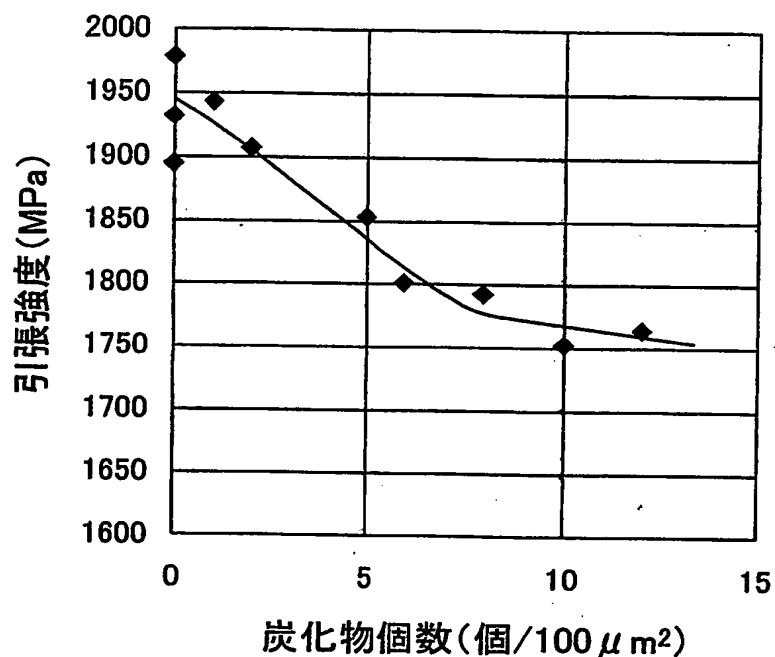


図 2

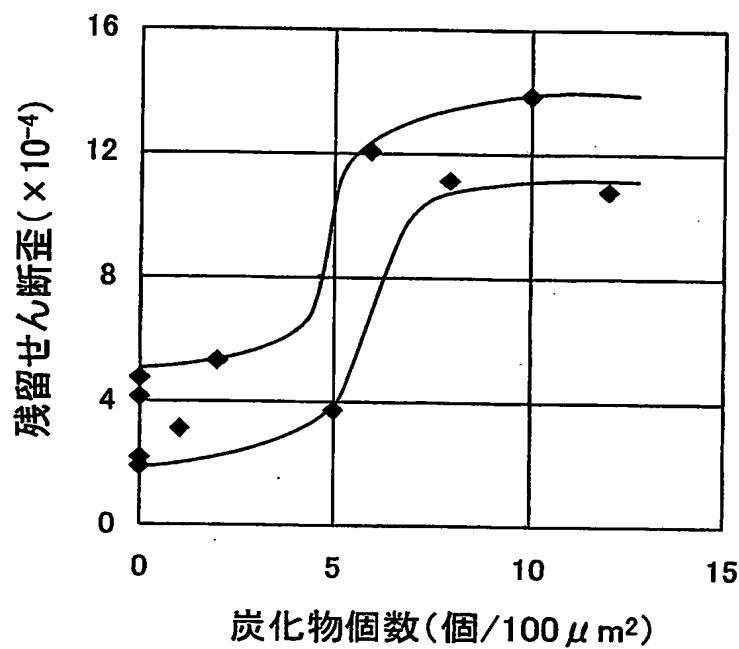
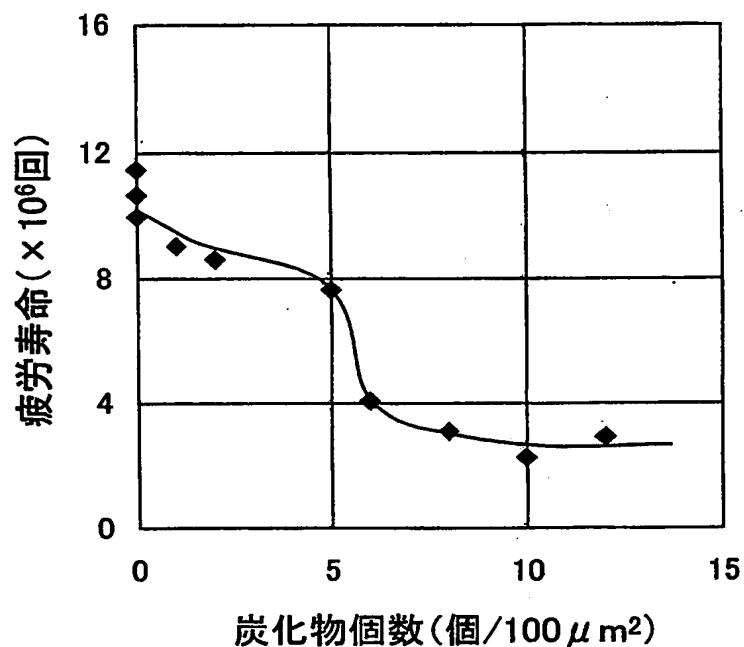


図 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03700

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ C22C38/00, 38/44, C21D9/52

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ C22C1/00-49/14, C21D9/52

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5904787 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 18 May, 1999 (18.05.99), Claims 4, 6; column 2, line 61 to column 3, line 4; table 1 & JP 9-71843 A	1, 3, 4
Y		2, 5-10
X	JP 11-246941 A (Chuo Hatsujo Kabushiki Kaisha), 14 September, 1999 (14.09.99), Claims; Fig. 5 (Family: none)	1, 3-7, 9, 10
Y		2, 8
Y	JP 7-188852 A (Kobe Steel, Ltd.), 25 July, 1995 (25.07.95), Claims; table 2 (Family: none)	2, 9, 10

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
19 June, 2003 (19.06.03)Date of mailing of the international search report
01 July, 2003 (01.07.03)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03700

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 7-136933 A (Kobe Steel, Ltd.), 30 May, 1995 (30.05.95), Full text (Family: none)	5-7
Y	EP 614994 A1 (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 14 September, 1994 (14.09.94), Page 2, lines 9 to 11 & JP 6-240408 A	8

A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))

Int. C1' C22C 38/00, 38/44 C21D 9/52

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料(国際特許分類(IPC))

Int. C1' C22C 1/00-49/14, C21D 9/52

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース(データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	US 5904787 A (Sumitomo Electric Industries, Lt d.,)	1, 3, 4
Y	1999. 05. 18, 請求項4, 請求項6, 第2欄第61行-第3欄4行, Table 1 & JP 9-71843 A	2, 5-10
X	JP 11-246941 A (中央発條株式会社) 1999. 09. 14, 特許請求の範囲, 【図5】 (ファミリーなし)	1, 3-7, 9, 10
Y		2, 8

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献(理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19. 06. 03

国際調査報告の発送日

01.07.03

国際調査機関の名称及び先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官(権限のある職員)

河野 一夫

4K 9833

電話番号 03-3581-1101 内線 3435

C (続き) 関連すると認められる文献		関連する請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
Y	JP 7-188852 A (株式会社神戸製鋼所) 1995.07.25, 特許請求の範囲, 【表2】 (ファミリーなし)	2, 9, 10
Y	JP 7-136933 A (株式会社神戸製鋼所) 1995.05.30, 全文 (ファミリーなし)	5-7
Y	EP 614994 A1 (Sumitomo Electric Industries, Lt d.,) 1994.09.14, 第2頁第9-11行 & JP 6-240408 A	8